



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108398123 B

(45) 授权公告日 2020.10.20

(21) 申请号 201810118221.7

(22) 申请日 2018.02.06

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108398123 A

(43) 申请公布日 2018.08.14

(73) 专利权人 中国人民解放军战略支援部队信息工程大学

地址 450052 河南省郑州市高新区科学大道62号109信箱

(72) 发明人 张超 时春霖 郑勇 李崇辉  
詹银虎 王若璞 米科峰 叶凯  
陈长远

(74) 专利代理机构 郑州睿信知识产权代理有限公司 41119

代理人 吴敏

(51) Int.Cl.

G01C 15/00 (2006.01)

G01C 25/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 107101623 A, 2017.08.29

US 2017059696 A1, 2017.03.02

US 2017343673 A1, 2017.11.30

CN 102947672 A, 2013.02.27

Jun Wu et al. A total station spatial positioning method based on rotary laser scanning and ultrasonic ranging.《REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS》.2016, 第1-8页.

詹银虎. 一种亮星识别算法及其在天文定向中的应用.《测绘学报》.2015, 第44卷(第3期), 第257-263页.

审查员 董亚方

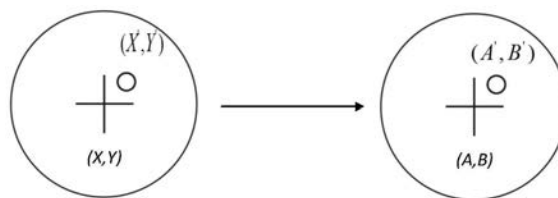
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种全站仪及其度盘标定方法

(57) 摘要

本发明涉及一种全站仪及其度盘标定方法, 通过获取模拟星体的图像, 利用星点提取算法计算图像中质心像素横坐标和图像中心像素横坐标的第一差值, 质心像素纵坐标和图像中心像素纵坐标的第二差值, 拟合水平度盘值和第一差值的第一关系模型, 垂直度盘值和第二差值的第二关系模型, 将待测星体的第一差值和第二差值分别代入第一、第二关系模型, 得到待测星体的水平度盘值和垂直度盘值, 实现像素坐标和测量机器人度盘坐标之间的转换, 摆脱了以往人眼瞄准观测才能获得的度盘值的局限, 为实现快速、精确地自动天文测量提供了模型和数据基础。



1. 一种全站仪的度盘标定方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 确定关系模型,通过如下步骤得到:采用显示装置模拟星体,利用全站仪获取模拟星体的图像,使图像中的十字丝与模拟星体重合,获取模拟星体的水平度盘值和垂直度盘值;调节全站仪的十字丝,使图像中十字丝与所述模拟星体不重合,获取图像中十字丝的水平度盘值和垂直度盘值,确定模拟星体与图像中十字丝的水平度盘差值和垂直度盘差值;确定图像中模拟星体的质心像素横坐标和图像中心像素横坐标的差值,作为第一差值,确定图像中模拟星体的质心像素纵坐标和图像中心像素纵坐标的差值,作为第二差值,将所述水平度盘差值和第一差值进行拟合,将所述垂直度盘差值和第二差值进行拟合,得到水平度盘差值和第一差值的第一关系模型,以及垂直度盘差值和第二差值的第二关系模型;

2) 根据第一关系模型和第二关系模型,对全站仪的度盘进行标定。

2. 根据权利要求1所述的全站仪的度盘标定方法,其特征在于,对全站仪的度盘进行标定后,获取待测星体的图像,对待测星体的图像进行处理,确定图像中待测星体的质心像素横、纵坐标和图像中心像素横、纵坐标,计算所述第一差值和第二差值;利用所述第一差值和第二差值,结合所述第一关系模型和第二关系模型,确定水平度盘值和垂直度盘值。

3. 根据权利要求1所述的全站仪的度盘标定方法,其特征在于,所述采用显示装置模拟星体包括:在室内黑暗条件下,在液晶屏幕上模拟星空图像并显示出随机星体。

4. 根据权利要求1所述的全站仪的度盘标定方法,其特征在于,通过全站仪的长焦相机获取待测星体的图像和模拟星体的图像。

5. 根据权利要求1所述的全站仪的度盘标定方法,其特征在于,所述质心像素横、纵坐标的计算式如下:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y) \cdot x}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y)}$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y) \cdot y}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y)}$$

式中,  $(x_0, y_0)$  为星体的质心像素坐标,  $x_0$  为质心像素横坐标,  $y_0$  为质心像素纵坐标,  $I(x, y)$  为星体在灰度图像上  $(x, y)$  处的灰度值。

6. 根据权利要求1所述的全站仪的度盘标定方法,其特征在于,采用工人观测取平均值的方法获取所述图像中心像素横、纵坐标。

7. 一种全站仪,其特征在于,该全站仪采用以下步骤进行度盘标定:

1) 确定关系模型,通过如下步骤得到:采用显示装置模拟各星体,利用全站仪获取模拟星体的图像,使图像中的十字丝与模拟星体重合,获取模拟星体的水平度盘值和垂直度盘值;调节全站仪的十字丝,使图像中十字丝与所述模拟星体不重合,获取图像中十字丝的水平度盘值和垂直度盘值,确定模拟星体与图像中十字丝的水平度盘差值和垂直度盘差值;确定图像中模拟星体的质心像素横坐标和图像中心像素横坐标的差值,作为第一差值,确定图像中模拟星体的质心像素纵坐标和图像中心像素纵坐标的差值,作为第二差值,将所

述水平度盘差值和第一差值进行拟合,将所述垂直度盘差值和第二差值进行拟合,得到水平度盘差值和第一差值的第一关系模型,以及垂直度盘差值和第二差值的第二关系模型;

2) 根据第一关系模型和第二关系模型,对全站仪的度盘进行标定。

8. 根据权利要求7所述的全站仪,其特征在于,对全站仪的度盘进行标定后,获取待测星体的图像,对待测星体的图像进行处理,确定图像中待测星体的质心像素横、纵坐标和图像中心像素横、纵坐标,计算所述第一差值和第二差值;利用所述第一差值和第二差值,结合所述第一关系模型和第二关系模型,确定水平度盘值和垂直度盘值。

9. 根据权利要求7所述的全站仪,其特征在于,所述采用显示装置模拟星体包括:在室内黑暗条件下,在液晶屏幕上模拟星空图像并显示出随机星体。

10. 根据权利要求7所述的全站仪,其特征在于,通过全站仪的长焦相机获取待测星体的图像和模拟星体的图像。

11. 根据权利要求7所述的全站仪,其特征在于,所述质心像素横、纵坐标的计算式如下:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y) \cdot x}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y)}$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y) \cdot y}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y)}$$

式中,  $(x_0, y_0)$  为星体的质心像素坐标,  $x_0$  为质心像素横坐标,  $y_0$  为质心像素纵坐标,  $I(x, y)$  为星体在灰度图像上  $(x, y)$  处的灰度值。

12. 根据权利要求7所述的全站仪,其特征在于,采用工人观测取平均值的方法获取所述图像中心像素横、纵坐标。

## 一种全站仪及其度盘标定方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于测量技术领域,具体涉及一种全站仪及其度盘标定方法。

### 背景技术

[0002] 全站仪(全站式电子速距仪)是一种集经纬仪、电子测距仪、外部计算机软件系统为一体的现代光学电子测量仪器,由于全站仪可以在一个站位完成水平角、垂直角、距离、高差测量的全部测量工作,顾其得名。公告号为CN203116739U的中国专利介绍了全站仪测量坐标的原理:通过全站仪可以直接测得观测点至观测目标之间角度差值与距离,据此通过三角学的换算关系可以计算出观测目标的坐标或观测点相对于已知点的位置。

[0003] 基于全站仪模式的天文测量是目前主要的天文测量方式之一,它是通过人眼跟踪瞄准待测恒星的全站仪度盘值,借此进一步解算天文经纬度和天文定位,获取星体坐标的度盘值对解算天文坐标至关重要。在传统全站仪的观测过程中利用人眼持续跟踪瞄准运动的恒星,其测量结果必然会受到人仪差影响,并且当进行多个时段进行观测时,作业效率随测量时间的延长而大幅下降,观测精度也会随之受到影响。

[0004] 利用CCD或者CMOS图像传感器(一种光电传感器)代替人眼观测,实现测量自动化是天文测量未来的研究发展方向,利用视频测量机器人实现自动天文测量,十字丝无需做到连续对准待测恒星,不仅在观测中节省人力,提高了天文作业效率,还克服了人眼观测对测量结果的影响,现有带有图像传感器的视频测量机器人只有在十字丝瞄准待测目标时计算出的水平度盘值和垂直度盘值才是准确的,在十字丝不瞄准待测目标时计算的水平度盘值和垂直度盘值具有很大误差。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种全站仪及其度盘标定方法,用于解决现有全站仪测量水平度盘值和垂直度盘值人眼瞄准导致测量误差较大的问题。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提出一种全站仪的度盘标定方法,包括以下解决方案:

[0007] 方法方案一,包括如下步骤:

[0008] 1) 确定关系模型,通过如下步骤得到:采用显示装置模拟各星体,利用全站仪获取各模拟星体的图像,及全站仪的水平度盘值和垂直度盘值,确定图像中各模拟星体的质心像素横坐标和图像中心像素横坐标的差值,作为第一差值,确定图像中各模拟星体的质心像素纵坐标和图像中心像素纵坐标的差值,作为第二差值,将所述水平度盘值和第一差值进行拟合,将所述垂直度盘值和第二差值进行拟合,得到水平度盘值和第一差值的第一关系模型,以及垂直度盘值和第二差值的第二关系模型;

[0009] 2) 根据第一关系模型和第二关系模型,对全站仪的度盘进行标定。

[0010] 方法方案二,在方法方案一的基础上,对全站仪的度盘进行标定后,获取待测星体的图像,对待测星体的图像进行处理,确定图像中待测星体的质心像素横、纵坐标和图像中

心像素横、纵坐标,计算所述第一差值和第二差值;利用所述第一差值和第二差值,结合所述第一关系模型和第二关系模型,确定水平度盘值和垂直度盘值。

[0011] 方法方案三,在方法方案一的基础上,所述采用显示装置模拟各星体包括:在室内黑暗条件下,在液晶屏幕上模拟星空图像并显示出随机星体。

[0012] 方法方案四,在方法方案一的基础上,通过全站仪的长焦相机获取待测星体的图像和各模拟星体的图像。

[0013] 方法方案五,在方法方案一的基础上,所述质心像素横、纵坐标的计算式如下:

$$[0014] \quad x_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y) \cdot x}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y)}$$

$$[0015] \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y) \cdot y}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y)}$$

[0016] 式中,  $(x_0, y_0)$  为星体的质心像素坐标,  $x_0$  为质心像素横坐标,  $y_0$  为质心像素纵坐标,  $I(x, y)$  为星体在灰度图像上  $(x, y)$  处的灰度值。

[0017] 方法方案六,在方法方案一的基础上,采用工人观测取平均值的方法获取所述图像中心像素横、纵坐标。

[0018] 为解决上述技术问题,本发明还提出一种全站仪,包括以下解决方案:

[0019] 全站仪方案一,全站仪采用以下步骤进行度盘标定:

[0020] 1) 确定关系模型,通过如下步骤得到:采用显示装置模拟各星体,利用全站仪获取各模拟星体的图像,及全站仪的水平度盘值和垂直度盘值,确定图像中各模拟星体的质心像素横坐标和图像中心像素横坐标的差值,作为第一差值,确定图像中各模拟星体的质心像素纵坐标和图像中心像素纵坐标的差值,作为第二差值,将所述水平度盘值和第一差值进行拟合,将所述垂直度盘值和第二差值进行拟合,得到水平度盘值和第一差值的第一关系模型,以及垂直度盘值和第二差值的第二关系模型;

[0021] 2) 根据第一关系模型和第二关系模型,对全站仪的度盘进行标定。

[0022] 全站仪方案二,在全站仪方案一的基础上,对全站仪的度盘进行标定后,获取待测星体的图像,对待测星体的图像进行处理,确定图像中待测星体的质心像素横、纵坐标和图像中心像素横、纵坐标,计算所述第一差值和第二差值;利用所述第一差值和第二差值,结合所述第一关系模型和第二关系模型,确定水平度盘值和垂直度盘值。

[0023] 全站仪方案三,在全站仪方案一的基础上,所述采用显示装置模拟各星体包括:在室内黑暗条件下,在液晶屏幕上模拟星空图像并显示出随机星体。

[0024] 全站仪方案四,在全站仪方案一的基础上,通过全站仪的长焦相机获取待测星体的图像和各模拟星体的图像。

[0025] 全站仪方案五,在全站仪方案一的基础上,所述质心像素横、纵坐标的计算式如下:

$$[0026] \quad x_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y) \cdot x}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y)}$$

$$[0027] \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y) \cdot y}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y)}$$

[0028] 式中,  $(x_0, y_0)$  为星体的质心像素坐标,  $x_0$  为质心像素横坐标,  $y_0$  为质心像素纵坐标,  $I(x, y)$  为星体在灰度图像上  $(x, y)$  处的灰度值。

[0029] 全站仪方案六, 在全站仪方案一的基础上, 采用工人观测取平均值的方法获取所述图像中心像素横、纵坐标。

[0030] 本发明的有益效果是:

[0031] 本发明首先对各星体进行模拟显示, 然后对模拟星体拍照得到各模拟星体的图像, 并测量各模拟星体的水平度盘值和垂直度盘值, 确定图像中各模拟星体的质心像素横坐标和图像中心像素横坐标的第一差值, 以及各模拟星体的质心像素纵坐标和图像中心像素纵坐标的第二差值, 对各模拟星体的水平度盘值和第一差值进行拟合、垂直度盘值和第二差值进行拟合, 拟合得到水平度盘值和第一差值的第一关系模型, 以及垂直度盘值和第二差值的第二关系模型。根据第一关系模型和第二关系模型, 对全站仪的度盘进行标定, 实现度盘值的自动计算, 避免每次人眼将十字丝瞄准到待测星体上, 很大程度上减小了人眼对准星体测量度盘值产生的误差。

[0032] 对全站仪的度盘进行标定后, 拍摄待测星体的图像, 获取第一差值和第二差值, 将第一差值和第二差值分别代入上述对应的第一、第二关系模型中, 能够计算得到待测星体的水平度盘值和垂直度盘值。本发明只需在全站仪中存入上述关系模型, 就可以在以后的待测星体测量中通过仅拍摄待测星体的图像, 根据待测星体质心像素坐标和图像中心像素的差值, 结合已经存好的关系模型计算待测星体的水平度盘值和垂直度盘值, 计算准确且快速, 相较于传统计算待测星体的水平度盘值和垂直度盘值的方法, 本发明的计算方法效果更高、速度更快、精度也更优。

## 附图说明

[0033] 图1是星体像素坐标  $(X', Y')$  与度盘值  $(A', B')$  的坐标转换示意图;

[0034] 图2-1是模拟星体的显示图;

[0035] 图2-2是野外拍摄的实际星体的显示图;

[0036] 图2-3是模拟星体显示图的灰度直方图;

[0037] 图2-4是野外拍摄实际星体显示图的灰度直方图;

[0038] 图3是某模拟星点  $x, y$  轴拟合的度盘值坐标与其真实度盘坐标的均方根分布图;

[0039] 图4-1是质心像素横坐标与图像中心像素横坐标的差值与水平度盘值的一维关系模型图;

[0040] 图4-2是质心像素纵坐标与图像中心像素纵坐标的差值与垂直度盘值的一维关系

模型图；

[0041] 图4-3是质心像素横坐标与图像中心像素横坐标的差值与水平度盘值的二维关系模型图；

[0042] 图4-4是质心像素纵坐标与图像中心像素纵坐标的差值与垂直度盘值的二维关系模型图。

### 具体实施方式

[0043] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的说明。

[0044] 视频测量机器人显示和记录的是其十字丝的坐标，即水平度盘值和垂直度盘值。测量时要求需要用十字丝瞄准待测目标。而使用视频测量机器人进行视频测量，并不能保证十字丝每时每刻都能瞄准星点，这就要求要找到一种转换关系，使得此时机器人显示的坐标（十字丝位置的坐标）可以转化归算到出现在视场内的任意位置的目标的坐标。而实现这种度盘坐标转化归算的途径是利用得到CCD图像，通过对应的像素坐标关系转换到相应的度盘坐标。

[0045] 实施例一：

[0046] 一种全站仪的度盘标定方法，包括以下步骤：

[0047] 确定关系模型，关系模型通过如下步骤得到：采用显示装置模拟各星体，即在室内黑暗条件下，利用星体模拟程序，在液晶屏幕上模拟星空图像并显示出随机星体。采用自动全站仪的长焦相机对显示的模拟星体拍照，并获取各模拟星体的图像，全站仪测量各模拟星体的水平度盘值和垂直度盘值。

[0048] 利用基于一维最大熵分割算法或kittler算法的星体质心提取算法计算得到质心像素的坐标、图像中心像素坐标，确定图像中各模拟星体的质心像素横坐标和图像中心像素横坐标的差值，作为第一差值，确定图像中各模拟星体的质心像素纵坐标和图像中心像素纵坐标的差值，作为第二差值，对获取的水平度盘值和第一差值进行拟合，拟合得到水平度盘值和第一差值的第一关系模型，对获取的垂直度盘值和第二差值进行拟合，拟合得到垂直度盘值和第二差值的第二关系模型，对全站仪的度盘进行标定。

[0049] 标定后，通过自动全站仪的长焦相机拍摄待测星体的图像，获取第一差值和第二差值，将第一差值代入上述水平度盘值和第一差值的第一关系模型中，能够计算得到待测星体的水平度盘值；将第二差值代入上述垂直度盘值和第二差值的第二关系模型中，能够计算得到待测星体的垂直度盘值。本发明只需在全站仪中存入上述关系模型，就可以在以后的待测星体测量中通过仅拍摄待测星体的图像，根据待测星体质心像素坐标和图像中心像素的差值，结合已经存好的关系模型计算水平度盘值和垂直度盘值，实现像素坐标和测量机器人度盘坐标之间的转换，摆脱了以往人眼瞄准观测才能获得的度盘值的局限，为实现快速、精确地自动天文测量提供了关系模型和数据基础。

[0050] 采用上述度盘标定方法的全站仪，为具有拍照功能的自动全站仪，优选为徕卡TS50i系列及其以上系列的全站仪。

[0051] 实施例二：

[0052] 实现自动天文测量的重要一步是，实现度盘值转化的关键是实现像素差值和度盘差值的转换，如图1所示，利用十字丝中心像素坐标  $(X, Y) \rightarrow$  星体目标像素坐标  $(X', Y')$  的转

化,完成十字丝度盘值(A,B)→星体目标度盘读数(A',B')的转化,尽管可以通过星图处理获取目标质心,但是目前没有模型和方法实现像素坐标和度盘坐标之间的转换。

[0053] 为了实现像素坐标和度盘坐标的转换,本发明基于视频测量机器人(自动全站仪),进行如下步骤的星体水平度盘值和垂直度盘值的测量:

[0054] 通过室内模拟星体,在室内黑暗条件下,利用星体模拟程序,在液晶屏幕上模拟星空图像和显示出随机星体。

[0055] 获取星体拍摄图像:采用视频测量机器人的小视场长焦相机拍摄随机显示的星体,如采用徕卡TS50i系列视频测量机器人,拥有1.5度的长焦相机,可以获取质量较高的星图图像。为了验证室内模拟星体的有效性,现对在室内拍摄的模拟星体图像和真实星空图像进行对比,图2-1显示了室内拍摄的模拟星体图像,图2-2显示了野外拍摄恒星图像,图2-3和图2-4分别为图2-1和图2-2的灰度直方分布图,灰度分布基本一致,且为典型的“单峰”灰度直方图,模拟星体图像和真实星空图像的图像特征具有很好的相似性。

[0056] 获取拍摄模拟星体图像的质心像素坐标,选用中值滤波进行去噪处理,分割阈值为自适应的一维最大熵法或kittler算法计算所得,计算星体质心采用传统的质心法。设某个灰度级出现概率为 $P(x)$ ,灰度级熵 $H$ 的计算公式为:

$$[0057] \quad H = -P(x) \lg P(x) dx$$

[0058] 采用质心法计算执行像素坐标的计算公式如下:

$$[0059] \quad x_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y) \cdot x}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y)}$$

$$[0060] \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y) \cdot y}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x, y)}$$

[0061] 或者利用基于其的改进算法——灰度平方加权质心法,计算公式如下:

$$[0062] \quad x_0 = \frac{\sum_{i=i_1}^m \sum_{j=j_1}^n I^2(x_i, y_i) \cdot x_i}{\sum_{i=i_1}^m \sum_{j=j_1}^n I^2(x_i, y_i)}$$

$$[0063] \quad y_0 = \frac{\sum_{i=i_1}^m \sum_{j=j_1}^n I^2(x_i, y_i) \cdot y_i}{\sum_{i=i_1}^m \sum_{j=j_1}^n I^2(x_i, y_i)}$$

[0064] 或者利用带阈值的灰度质心法,计算公式如下:

$$[0065] \quad x_0 = \frac{\sum_{i=i_1}^m \sum_{j=j_1}^n [I(x_i, y_i) - T] \cdot x_i}{\sum_{i=i_1}^m \sum_{j=j_1}^n [I(x_i, y_i) - T]}$$



$$[0066] \quad y_0 = \frac{\sum_{i=i_1}^m \sum_{j=j_1}^n [I(x_i, y_i) - T] \cdot y_i}{\sum_{i=i_1}^m \sum_{j=j_1}^n [I(x_i, y_i) - T]}$$

[0067] 式中,  $(x_0, y_0)$  为目标质心像素坐标,  $I(x, y)$  为目标在灰度图像上  $(x, y)$  处的灰度值,  $T$  为分割阈值。

[0068] 图3显示了x、y轴均方根的分布,表1给出了其中4幅图像星体提取像素坐标与星体模拟坐标值以及误差统计结果。其中x轴方向RMSE为0.015像素,y轴方向RMSE为0.017像素,证明基于该算法进行星体提取精度可靠,RMSE为均方根误差,用来衡量像点提取坐标与设置的真值之间的误差。

[0069] 表1

| [0070] | 图号 | 模拟星点坐标 | 提取星点坐标   | 误差     |
|--------|----|--------|----------|--------|
|        | 1x | 530.0  | 530.009  | -0.009 |
| [0071] | 1y | 1441.0 | 1440.996 | 0.004  |
|        | 2x | 1386.0 | 1385.994 | 0.006  |
|        | 2y | 440.0  | 440.014  | -0.014 |
|        | 3x | 515.0  | 514.988  | 0.012  |
|        | 3y | 1777.0 | 1777.012 | -0.012 |
|        | 4x | 690.0  | 690.014  | -0.014 |
|        | 4y | 916.0  | 916.018  | -0.018 |

[0072] 获取图像中心像素坐标,采用人工照准观测的方法,像素中心坐标采用值采用多次求取的平均值。在实验中,经过60次重复的人眼观测方位数据解算出图像中心像素坐标为(1276.373, 959.120)。

[0073] 采用基于最小二乘原理的多项式拟合法计算像素坐标和度盘坐标的转换模型参数,实现像素坐标向度盘坐标的转换。图4-1和图4-2显示了一维下X,Y轴方向目标星体(即星点)距离十字丝中心像素差值分别与水平角和垂直角观测差值之间的转换模型,图4-3和图4-4显示了二维下X,Y轴方向目标星体距离十字丝中心像素差值与水平角和垂直角观测差值之间的转换模型。转换模型显示:相机位置固定且平整,室内转换结果良好。水平角受到Y轴方向像素坐标影响极小,权重仅为X轴方向10<sup>-3</sup>;垂直方向同理,其中X轴方向RMSE为0.6508",Y轴方向RMSE为0.4987",采用二维拟合X轴方向RMSE为0.4673",Y轴方向RMSE为0.2902"。

[0074] 野外作业验证模型正确性：分别在两个野外基本天文测量点，选取3天时间、10个不同时段，均匀分布在全天区的恒星进行多次自动视频测量，共计测星132颗，观测1300余次。表2显示了天文定位经纬度的内符合精度，表3显示了与天文已知点坐标相比的外符合精度。基于自动天文测量的实际野外作业结果显示定位结果精度良好，满足高精度天文测量的要求，自动天文定位测量经纬度精度分别达到0.25″和0.02s以下，表4列出了野外天文测量规范要求的精度指标。

[0075] 表2

|        |              |     |          |          |
|--------|--------------|-----|----------|----------|
| [0076] | RMSE<br>(纬度) | max | ±0.24″   | ±0.26″   |
|        |              | min | ±0.16″   | ±0.16″   |
|        |              | AVG | ±0.19″   | ±0.20″   |
|        | RMSE<br>(经度) | max | ±0.016S  | ±0.017 S |
|        |              | min | ±0.011 S | ±0.011 S |
|        |              | AVG | ±0.013S  | ±0.013S  |

[0077] 表3

|        |    |      |         |         |
|--------|----|------|---------|---------|
| [0078] | 纬度 | 最大差值 | 0.50″   | 0.52″   |
|        |    | 最小差值 | 0.07″   | 0.06″   |
|        |    | RMSE | ±0.22″  | ±0.19″  |
|        | 经度 | 最大差值 | 0.023 S | 0.026 S |
|        |    | 最小差值 | 0.007 S | 0.002 S |
|        |    | RMSE | ±0.017S | ±0.021S |

[0079] 表4

|        |        |        |
|--------|--------|--------|
| [0080] | 纬度（角秒） | 经度（时秒） |
|--------|--------|--------|

[0081]

|        |           |            |
|--------|-----------|------------|
| 一等天文测量 | $\pm 0.3$ | $\pm 0.02$ |
| 二等天文测量 | $\pm 0.5$ | $\pm 0.04$ |
| 三等天文测量 | $\pm 1.0$ | $\pm 0.08$ |
| 四等天文测量 | $\pm 5.0$ | $\pm 0.4$  |

[0082] 本发明利用视频测量机器人对星体成像,利用黑暗条件下在屏幕上模拟星空,通过室内模拟实验,得到像素坐标和度盘坐标的转换模型,实现像素坐标向度盘坐标的转换,获得成像时刻恒星的度盘观测值,进一步利用多星近似等高法解算得到天文坐标。利用其他模拟星体和野外真实观测,利用基于该方法的能够准确、快速、自动化完成测站位置的坐标解算,优于利用全站仪进行天文定位的方法。该方法为实现快速化、小型化、自动化、高精度的天文测量奠定了基础。

[0083] 本发明采用室内模拟实验代替了野外实验,克服了野外条件的局限和不便,在野外,真实恒星一直处于运动状态难以跟踪瞄准,且野外实验受到外界、人为等各种因素,特别是大气的影晌和制约,实验效率低下。

[0084] 本发明全站仪的长焦相机视场角只有1.5度,保证了测量时视场内只有一颗星出现,防止出现其他干扰星阻碍判断。

[0085] 本发明利用基于一维最大熵或kittler算法的星图处理算法计算得到星体质心像素坐标保证了星体质心提取的适用性、准确性和可靠性。

[0086] 本发明确定的具体关系模型在实际各台全站仪上都不尽相同,即拟合得到的关系模型的系数不同,每台全站仪在进行星体的水平度盘值或垂直度盘值的测量前,都需进行上述室内模拟实验确定关系模型,一旦该关系模型确定了,以后的待测星体的水平度盘值测量和垂直度盘值测量均无需重新确定关系。

[0087] 以上所述仅为本发明的优选实施例,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的权利要求范围之内。

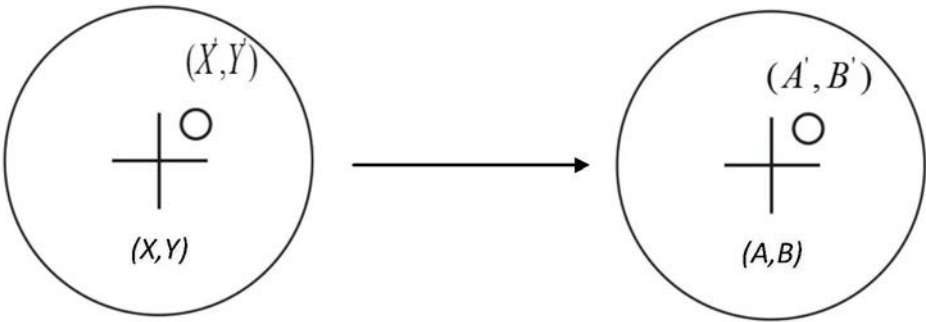


图1

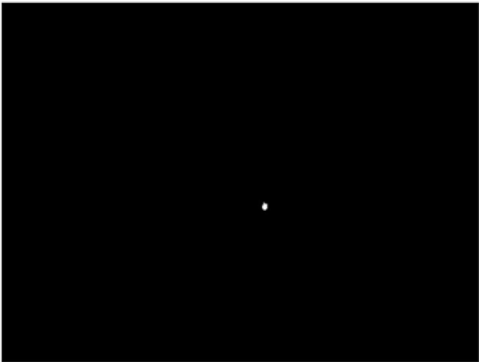


图2-1

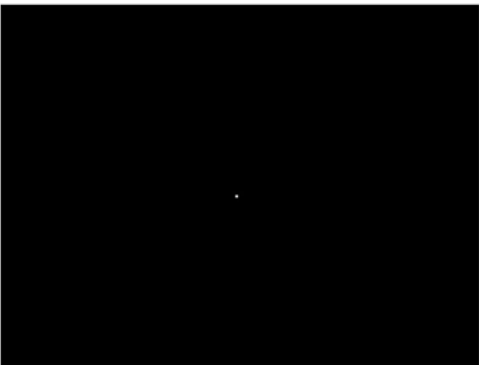


图2-2

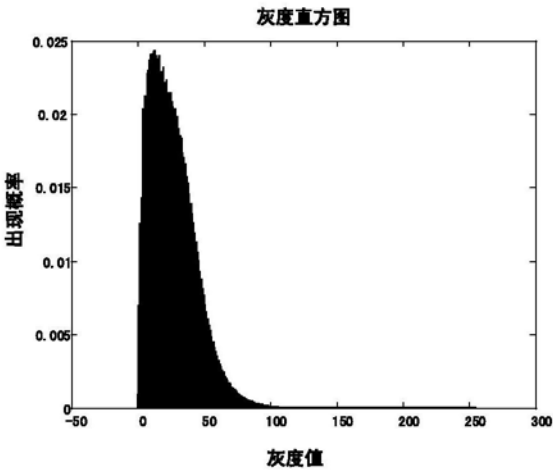


图2-3

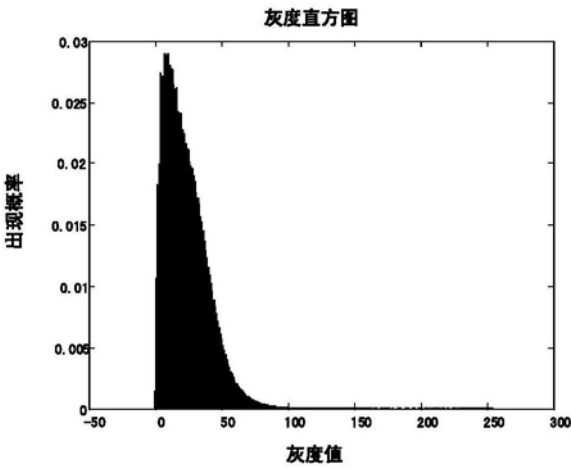


图2-4

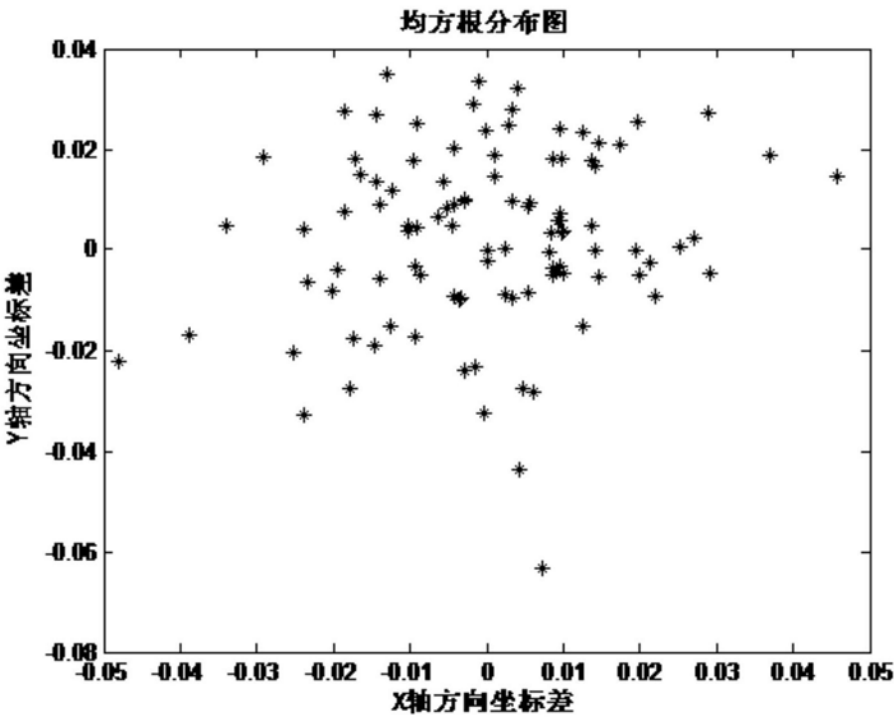


图3

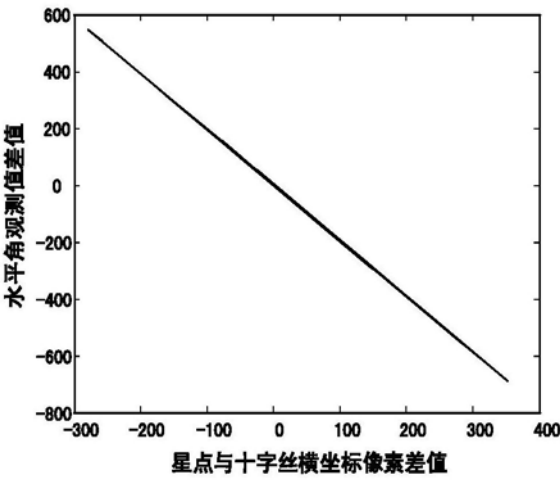


图4-1

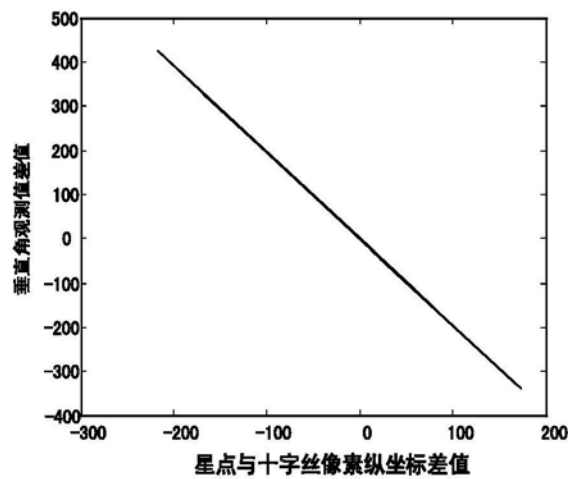


图4-2

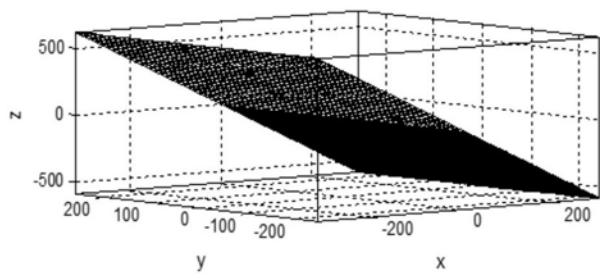


图4-3

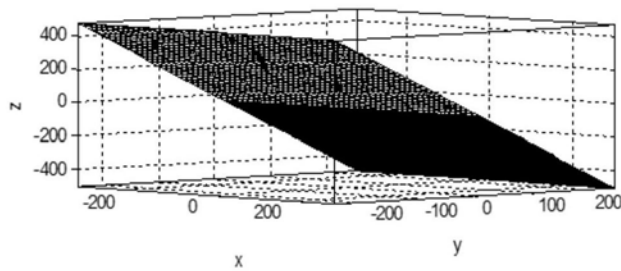


图4-4